

Трещины - угроза разрушения всего сооружения.

Трещины в монолитных конструкциях являются уникальной особенностью для сооружений такого типа, которые не влияют ни на прочность, ни на эксплуатационные характеристики сооружений.

Конструкции из минеральных связующих, например кирпичная кладка и бетон, отлично выдерживают значительные сжимающей нагрузки. Но в тоже время они не могут выдерживать значительные изгибающие и растягивающие нагрузки, которые являются основной причиной появления трещин. Также причиной образования трещин может, служит усадка минеральных связующих.

В зависимости от ряда факторов определяется, представляет ли опасность та или иная трещина для конструкции. Этими факторами являются ширина раскрытия трещины, толщина и прочность слоя бетона в районе образования трещины. Также важен фактор изменение размера раскрытия трещины, которое происходит от действия кратковременной и длительной нагрузки, разницы температуры, динамической нагрузки и т.п.

Опасные трещины (тщательная проверка близлежащих площадей при раскрытии трещины > 0.2 мм, водонасыщенные трещины и трещины с активными протечками под гидростатическим давлением воды) должны быть отремонтированы до тех пор, пока они не оказали воздействия на несущую и эксплуатационную способность и прочностные характеристики конструкции и сооружения в целом. Оценка влияния трещин на состояние конструкции выносятся на основе данных, наблюдений, тестов, исследований и статических расчетов.

Для получения более подробной информации обратитесь к следующей технической документации: СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия, ВСН 02-74 Инструкции по определению прочности бетонных сооружений, немецкий стандарт ZTV ING.

Продление эксплуатационного периода поврежденных конструкций требует проведения всестороннего исследования по специально разработанной методике. В этих целях проведение анализа состояния трещин необходимо для составления документации и фиксирования информации обо всех трещинах и о состоянии конструкции.

Показания к ремонту сооружения

- * Трещины ставят под угрозу устойчивость и несущую способность зданий и сооружений.
- * Трещины, возникшие вследствие интенсивной коррозии бетона и арматуры, снижают возможность эксплуатации здания согласно проектной несущей способности.
- * Трещины позволяют воде просачиваться внутрь конструкции.
- * Трещины повышают риск проникновения хлоридов из антиобледенительных солей и разрушения от разницы температур, циклов замораживания-оттаивания (напр. постаменты, мосты, автостоянки и резервуары с водой).
- * Визуальные дефекты.

Обследование трещин

В зависимости от характеристик трещин, например, тип трещины, причина возникновения, геометрические показатели, толщины и изменение толщины по длине, уровня влажности конструкции, выбирается методика ремонта и материалы. Для проведения анализа область трещины должна быть предварительно очищена.

Тип трещины.

Природа трещинообразования характеризуется их количеством и распределением. Различают отдельные трещины и поверхностные трещины, что является решающим фактором при определении способов проведения ремонтных работ. Поверхностные трещины часто формируются по длине крайних арматурных стержней, их направление параллельно арматурным стержням, сетка трещинообразования может быть "клеточной" или произвольной. Они появляются, например, в результате сильных колебаний температур и/или влаги в конструкции, всегда имеют незначительную глубину и могут закрываться спустя несколько недель.

Отдельные трещины напротив приносят большую часть вреда и очень часто проникают глубоко в конструкцию. Различают различные трещины, которые образуются в результате превышения предельно допустимых значений нагрузок на конструкции с учетом текущего эксплуатационного состояния сооружения.

Основные виды нагрузок трещинообразования:

- * Изгибающие усилия
- * Растягивающие усилия
- * Ударные или вибрационные нагрузки
- * Совокупность нагрузок
- * Пространственные нагрузки

Ширина и глубина трещины.

Ширина трещины, т.е. расстояние между её краями, измеряется по поверхности элемента сооружения перпендикулярно к её направлению. При условии, что точная определенная ширина трещины (w) должна быть измерена в максимальной точке раскрытия и не должна превышать толщину защитного слоя бетона.

Если конструкция подвергается агрессивному воздействию средой эксплуатации или спроектирована специально для работы в агрессивной среде, необходимо герметизировать трещину с самыми малыми степенями раскрытия. В процессе проведения каждого измерения, для получения точной оценки трещины, следует отмечать дату, время, температуру и влажность окружающей среды, а так же температуру конструкции.

Изменение ширины раскрытия трещины / Движение трещин

В случае подвижных трещин, изменение ширины (w) является главным аспектом при выборе инъекционного материала для проведения успешных ремонтных работ. Раскрытие трещин может быть вызвано краткосрочной причиной (нагрузкой от движения транспорта), ежедневной (нагревание солнечными лучами) и длительной (смена сезонов).

Эти причины могут вызвать необратимое раскрытие трещин как самостоятельно, так и в комбинации, например, с явлением усадки и другие. Инъекционные материалы, которые в процессе полимеризации образуют жесткую систему (такие как эпоксидные инъекционные смолы, жесткие полиуретаны) могут использоваться только в случае, если причина возникновения трещины была установлена и устранена, и

если этот материал не будет подвержен возможными подвижкам. В противном случае могут образовываться новые трещины.

Подвижные трещины требуют ремонта эластичным инъекционным материалом (с определенной эластичностью и сопротивлением сжатию) для достижения гибкого соединения между двух кромок трещины.

Загрязнения трещины

Ремонтные работы будут проведены успешно, в случае если обрабатываемые трещины будут очищены от частиц бетона остающихся там после возникновения трещины, материалов, которые снижают адгезию инъектируемых продуктов.

Такими материалами являются:

- * Свободные частицы, снижающие адгезию
- * Карбонизированные границы трещины, которые могут вызвать появление и формирование новых трещин.
- * Масла, жиры, и другие нефтепродукты, их наличие на кромках трещины снижает адгезию внутри трещины в заделывания трещин.
- * Нарост отложений и внедрение посторонних элементов в теле конструкции, что снижает до минимума общую адгезию.
- * Область расположения трещины должна всегда быть предварительно очищена перед измерениями.

Причины возникновения трещин

Трещины появляются при возникновении напряжений в конструкции в результате воздействий на неё нагрузок, оказания давления и возникновение внутренних напряжений при превышении предела прочности бетона на разрыв.

Характеристики бетона, ставшие причиной появления трещин:

- * проведение бетонных работ в зимнее время без соответствующих мер.
- * усадка
- * деформации
- * набухание

Напряженные состояния, провоцирующие образование трещин:

- * нагрузки
- * сопротивление деформациям
- * температура окружающей среды
- * осадка
- * деформация грунтового основания

Элементы сооружения особенно восприимчивые к возникновению трещин В зависимости от расположения конструкции и выборочной конструкционной последовательности, перечисленные ниже элемента сооружения требуют особого внимания:

- * технологические швы
- * монолитные элементы здания
- * стыки между тонкими и толстыми элементами здания
- * углы перехода и трещины в поперечном сечении элемента
- * области воздействия ударных нагрузок, сосредоточенных усилий

Влагосодержание трещин и состояние их кромок.

Для правильного выбора ремонтного материала, необходимо установить сухая эта трещина, влажная или с активной протечкой. Фактически, влажность и наличие воды может вызвать неконтролируемый процесс полимеризации заполняющего материала не совместимого с влагой.

В соответствии с нормами ZTV-ING, определение влажности изложено следующим образом:

Сухое состояние

- * проникновение воды невозможно
- * никакого проявления влаги в области трещины.
- * появление влаги возможно, но оно носит временный характер
- * кромки трещины визуально сухие
- * кромки трещины оценены как сухие в результате лабораторных исследований.

Влажное состояние

- * оттенок цвета изменен в области образования трещины, в результате проявления влажности, но вода не проникает.
- * наличие признаков недавнего появления воды на поверхности
- * кромки трещины визуально влажные.
- * кромки трещины оценены как влажные в результате лабораторных исследований.

Активная протечка

- * вода появляется на поверхности в виде маленьких капель
- * стекание капель воды в области трещины

Активная протечка под давлением

- * непрерывная струя воды поступает из трещины

Заполнение трещин

Заполнение трещин предотвращает процесс коррозии основания, от проникновения влаги и дальнейшего разрушения конструкции сооружения.

Герметизация трещин ликвидирует протечки конструктивных элементов сооружения. Эластичное перекрытие трещин. Эластичное перекрытие трещин обеспечивает упругое соединение кромок трещины.

Склеивание трещин в конструктивном бетоне. Перекрытие трещин, где необходимо восстановить прочность на растягивающие и сжимающие нагрузки и как результат несущую способность здания. Прочность соединения зависит от инъекционного материала.

Инъекционные материалы

Тип инъекционного материала выбирается в зависимости от цели работ и влажности конструкции. Инъекционные материалы, используемые для ремонта трещин должны обладать следующими характеристиками:

- * низкая вязкость
- * оптимальный показатель жизнеспособности
- * простота использования при широком спектре температур
- * минимальная объемная усадка
- * оптимальная адгезия
- * высокое сопротивление к старению
- * не вызывает коррозию
- * совместим со всеми материалами

Пена на основе полиуретановой смолы (ППУ-И) FOAMJET T (Фоамджет Т), FOAMJET F (Фоамджет Ф), Resfoam 1KM (Ресфом 1KM).

Инъекционные смолы на основе гидроактивного полиуретана, с коротким временем пенообразования, которое используется для быстрой временной остановки активной водной течи под напором. Эти смолы при контакте с водой образуют мелкопористую пену с закрытыми порами. Для обеспечения долговременной водонепроницаемости и надежности после инъектирования пенообразующей смолой, необходимо провести инъектирование инъекционной смолой (**Erojet LV (Эподжет LV)**), которая не образует пену.

Полиуретановые смолы (ПУ-И) Foamjet 260 LV (Фоамджет 260 ЛВ)

Для эластичного перекрытия трещин, подходят 2-компонентные ПУ инъекционные смолы, не содержащие растворитель с низкой вязкостью. Они характеризуются высоким показателем эластичности и отличной адгезией, что необходимо для перекрытия раскрытия подвижных трещин.

Это означает, что они не раскроются, в случае если измениться их ширина в результате температурных перепадов и смены нагрузок. Совместно с ППУ пенами, ПУ смолы идеально подходят для быстрого перекрытия трещин и швов с активными протечками и обеспечивает прочную герметизацию трещин в случае высокого гидростатического давления.

Жесткие эпоксидные смолы (ЖЭУ-И) Eроjet LV (Эподжет LV), EPOJET (Эподжет), EPORIP (Эпорип),

При инъектировании трещин в конструкциях с повышенными требованиями к прочностным показателям, в гражданском строительстве используются 2 компонентные эпоксидные смолы. Благодаря их низкой вязкости, прочности и адгезии эти инъекционные материалы могут инъектироваться при наличии трещин шириной менее 0,1 мм. Таким образом, структурная прочность сооружения, его несущая способность и деформативность, полностью восстанавливается. Эти материалы также используются для перекрытия поверхностных трещин путем площадной инъекций их в основания.

Проведение ремонтных работ в соответствии с типом трещин. В зависимости от используемого материала и ширины трещины применяются различные методы их заполнения.

Инъектирование (И)

Процедура инъектирования под давлением через инъекционные пакера, применяется для заполнения трещин и устройства противодиффузионной завесы. Отдельные трещины и трещины в вертикальных поверхностях всегда устраняются путем инъектирования.

Насыщение (П)

Процедура насыщения (пропитывания), то есть заполнение трещин без нагнетания под давлением, используется в случаях ремонта поверхностных трещин. Чаще всего это горизонтальные и наклонные поверхности.

Давление инъектирования

Давление инъектирования это номинальное давление по манометру, с которым инъектируемый материал подается в пакер. Уровень заполнения и давление нагнетания должны постоянно соответствовать.

Избыточное давление может вызвать повреждение структуры слабого бетона, что в свою очередь может послужить причиной раскрытия существующих трещин.

Эмпирическая формула определения давления при инъектировании следующая: $P_{max} = \text{класс бетона} / 3 \times 10$ (бар) Пример: Для бетона В45/В25 давление в пакере должно быть не более 150/83.3 бар соответственно.

Процедура инъектирования

Для инъектирования используются одно- и двухкомпонентные насосы. Однокомпонентные насосы просты в применении, очистке и содержании. Однокомпонентные насосы применяются для инъекций быстрореагирующих и одно или двухкомпонентных материалов.

Однокомпонентные насосы.

При применении однокомпонентных насосов для заправки двухкомпонентных материалов, компоненты смешиваются предварительно перед заливанием в емкость насоса.



Двухкомпонентные насосы.

При использовании двухкомпонентных насосов для инъектирования двух компонентов материала, каждый компонент доставляется до инъекционного пистолета по различным шлангам и смешиваются непосредственно перед введением в основание или пакер.



Однокомпонентный шнековый насос для микроцементов.

Компактный многофункциональный инъекционный шнековый насос отлично подходит для инъектирования микроцементов.



Инъекционные пакеры.

Инъекционные пакеры соединяют инъекционный насос и элемент конструкции в процессе инъектирования. Верхушка пакера укомплектована плоской или цанговой головкой.



В зависимости от типа соединения между насосом и элементом сооружения различают два вида пакеров:

* Адгезионные пакеры - пакеры приклеиваются непосредственно на поверхность трещины.



В качестве базы пакера предусмотрена несущая пластина для обеспечения оптимальной адгезии.

Инъекционное давление зависит от толщины трещины, клея и адгезии к основанию (всегда меньше чем при использовании внутренних пакеров).

Адгезионные пакеры используются, когда сверление отверстий в основании невозможно из-за густого армирования конструкции и т.п.

В основном они используются для инъектировании эпоксидных смол, в основания с высокими требованиями по прочности.

* Внутренние пакеры - пакеры имеющие цилиндрическую форму и устанавливающиеся внутрь пробуренного отверстия.

В зависимости от типа установки пакера в конструкцию, различают два подвида пакеров:

* Пакер с резиновой муфтой



Пакер с резиновой муфтой вставляются в отверстие, а затем фиксируется резиновой уплотняющей муфтой, которая при закручивании гаек сжимается и расширяется в отверстии, таким образом пакер может выдержать максимально возможное давление.

* Ламельный пакер



Ламельный пакер забивается в отверстие элемента. Их жесткое закрепление обеспечивает их конической форма и ламели. Они представляют собой альтернативу пакерам с резиновой муфтой, при условии прочной структуры основания, выдерживающего удар.

При установке внутренних пакеров, убедитесь что существующая арматура не будет повреждена при монтаже пакера. Пакеры которые не демонтируются из конструкции должны быть сделаны из материала стойкого к коррозии и иметь возможность их заделки.

Перед установкой пакера рекомендуется предварительное продувание сжатым воздухом сухих трещин без примеси масел и промывание влажных/мокрых трещин водой. Этот процесс также может показать пересекают ли трещина пробуренные вами отверстия. Пакера располагаются в шахматном порядке и плотно вводятся в отверстия.

Предварительный ремонт трещин.

При инъектировании полиуретановых или эпоксидных смол в основания с высокими требованиями по прочности, трещины должны быть отремонтированы перед инъектированием для достижения высокого уровня заполнения внутренних трещин и во избежание вытекания инъекционного материала. Для ремонта при активном поступлении воду использовать гидроцемент **LAMPOCEM (Лампочем)** при отсутствии поступления активной протечки **MAPEGROUT THIXOTROPIC (Мапеграут Тиксотропик)**.

Ремонт трещин путем инъектирование эластичного материала ПУ-И

При нормальных условиях инъекционные смолы **Foamjet 260 LV (Фоамджет 260 ЛВ)** используются для эластичной герметизации трещин. В случае трещины с активной протечкой под давлением рекомендуется в зависимости от состояния здания провести предварительное инъектирование гидроактивными пенами **FOAMJET T (Фоамджет Т), FOAMJET F (Фоамджет Ф), Resfoam 1KM (Ресфом 1KM)**. Предпочтительно, инъектирование должно проводиться через внутренние пакера без предварительного ремонта трещин, таким образом, уровень заполнения трещин можно легко отследить. Отверстия проделываются поочередно то с одной, то с другой стороны трещины.

Расстояние между отверстиями зависит от ширины трещины, толщины конструктивного элемента, температуры, жизнеспособности и вязкости материала. Внутренний пакер необходимо плотно закрепить в отверстиях. При заполнении трещин без активных протечек, их рекомендуется предварительно прокачивать водой. Таким образом полиуретановые смолы, которые начинают расширяться при контакте с водой, достигают оптимального эластичного состояния в процессе пенообразования в трещинах.

Если предварительное инъектирование ПУ инъекционных пен должно проводиться при наличии активной протечки под давлением, следует использовать **FOAMJET T (Фоамджет Т), FOAMJET F (Фоамджет Ф), Resfoam 1KM (Ресфом 1KM)**. для остановки воды и достижения оптимального уровня их дальнейшего заполнения материалом **Foamjet 260 LV (Фоамджет 260 ЛВ)**. Инъектирование пенами осуществляется с интервалами до 10 минут, таким образом, чтобы в результате реакции материала с водой в теле конструкции можно было определить путем выхода из трещины уже вспенившегося материала, тем самым решить продолжать инъектирование или закончить.

В основном инъектирование материалов ПУ-И проводится через дополнительные пакера. Если второе инъектирование полиуретановыми смолами проводится через те же самые пакера, то его необходимо выполнить в течении 15-20 минут после проведения инъектирование полиуретановыми пенами. Убедитесь, что уровень заполнения тела конструкции материалами ПУ для обеспечения прочной герметизации трещин достигнут. Влейте компоненты А (смола) и В (отвердитель) соответствующей инъекционной смолы в соответствующей пропорции в чистую емкость и перемешивают до получения однородной массы при помощи низкоскоростного миксера.

Инъектирование всегда проводят с использованием однокомпонентного насоса. Давления нагнетания зависит от используемого материала и должно быть выбрано в соответствии с заводскими инструкциями. При процедуре инъектирования заполнения тела конструкции происходит снизу вверх преодолевая силу

тяжести до тех пор пока трещина полностью не заполнится и смола не появится в соседнем пакере и на поверхности конструкции. При этом для инъектирования полиуретановой смолы конструктивный элемент должен иметь температуру более 5С. После инъектирования, как только материал схватился, пакера демонтируются и шпуры заполняются цементным раствором **MAPEGROUT THIXOTROPIC (Мапергаут Тиксотропик)**. Все остатки схватившейся смолы следует удалить.

Инъектирование трещин в основаниях с высокими требованиями по прочности.

В основном для этих целей используются высокопрочная эпоксидная инъекционная смола **Epojet LV (Эподжет LV)**. Отверстия проделываются поочередно то с одной, то с другой стороны трещины. Расстояние между отверстиями зависит от ширины трещины, толщины конструктивного элемента, температуры, жизнеспособности и вязкости материала.

Внутренние пакера (Механические пакера) плотно вставляются в отверстия, ещё без установки на них инъекционной головки. Головка надевается последовательно на каждый пакер непосредственно перед инъектированием таким образом можно контролировать насыщение смолой основания через соседние пакера.

Если устройство отверстий невозможно (например, в случае предварительно напряженной арматуры или памятники архитектуры) могут быть использованы адгезионные пакера. Адгезионный пакер наклеивается на эпоксидную мастику **ADESILEX PG1 / ADESILEX PG2 (Адесилекс PG1/PG2)** непосредственно на трещину. Перед его установкой, в трещину вводится стальной гвоздь для предотвращения закупорки канала в момент установки пакера на поверхность элемента здания. Как только клей схватился гвоздь извлекается.